

LIGHT DIFFUSION SHEET AND PROJECTION SCREEN

Patent Number: JP2003057416
Publication date: 2003-02-26
Inventor(s): GOTO MASAHIRO; ODA KUNPEI; KOMADA MINORU
Applicant(s): DAINIPPON PRINTING CO LTD
Requested Patent: JP2003057416
Application Number: JP20010243269 20010810
Priority Number(s):
IPC Classification: G02B5/02; G03B21/62
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a light diffusion sheet which does not deteriorate surface brightness or a contrast due to stray light, has few angle dependencies and little scatter reflection of external light, and to provide a projection screen using the light diffusion sheet.

SOLUTION: In the light diffusion sheet in which a plurality of unit lenses are formed in one-dimensional or two-dimensional direction, the unit lens has an almost trapezoidal cross-sectional shape, and makes a trapezoidal lower bottom into a light beam receiving part and an upper base into a light emitting part, and is formed of a material having a predetermined refractive index N_1 . A transparent low refractive index layer having a refractive index N_2 lower than N_1 is formed at the portion of the trapezoidal oblique side of the unit lens. When the length of the trapezoidal upper base is set to be T , the height is set to be H and the angle formed by the trapezoidal oblique side and the normal of the light emitting part is set to be θ , the light diffusion sheet satisfies the relations of $\sin(90 \text{ degrees} - \theta) > N_2/N_1$, $N_1 < H$

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-57416

(P2003-57416A)

(43)公開日 平成15年2月26日(2003.2.26)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

データベース(参考)

G 0 2 B 5/02

G 0 2 B 5/02

C 2 H 0 2 1

B 2 H 0 4 2

G 0 3 B 21/62

G 0 3 B 21/62

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願2001-243269(P2001-243269)

(22)出願日 平成13年8月10日(2001.8.10)

(71)出願人 000002897

大日本印刷株式会社

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

(72)発明者 後藤 正浩

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

大日本印刷株式会社内

(72)発明者 織田 訓平

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

大日本印刷株式会社内

(74)代理人 100108800

弁理士 星野 哲郎 (外1名)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光拡散シートおよびプロジェクションスクリーン

(57)【要約】

【課題】 迷光により表面輝度が低下したりコントラストが低下することがなく、角度依存性が少なく、外光の散乱反射の少ない光拡散シート、およびこの光拡散シートを用いたプロジェクションスクリーンを提供する。

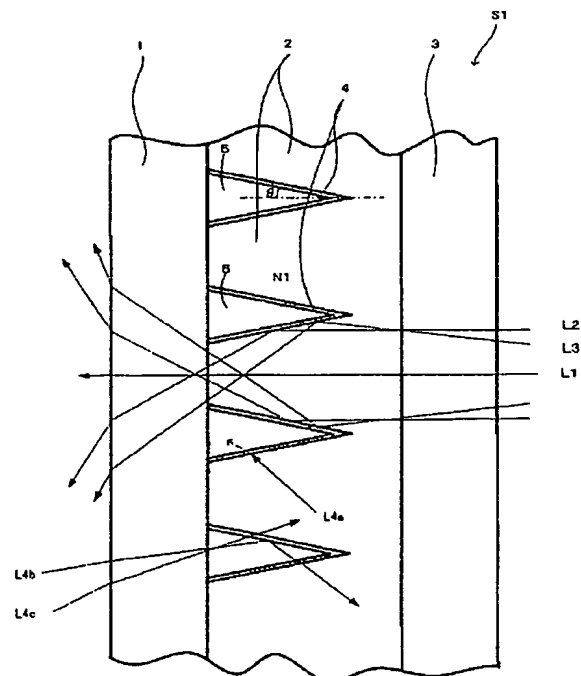
【解決手段】 複数の単位レンズを一次元または二次元方向に形成した光拡散シートにおいて、単位レンズはその断面形状が略台形であって台形の下底を入光部、上底を出光部とするとともに所定の屈折率N1を有する材料にて形成し、単位レンズの台形斜辺をなす部分にはN1より低い屈折率N2を有する透明低屈折率層を形成して、台形の上底の長さをT、高さをH、台形斜辺が出光部の法線となす角度を θ とした場合、

$$\sin(90^\circ - \theta) > N2 / N1$$

$$N1 < 1 / \sin 2 \theta$$

$$0 < H < T / (\tan(2\theta + 10^\circ) - \tan \theta)$$

なる関係を有するように構成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の単位レンズを一次元または二次元方向に形成した光拡散シートであって、前記単位レンズはその断面形状が略台形であって、前記台形の下底を入光部、上底を出光部とするとともに、所定の屈折率 $N1$ を有する材料にて形成されており、前記単位レンズの台形斜辺をなす部分には、 $N1$ より低い屈折率 $N2$ を有する透明低屈折率層が形成されており、前記台形斜辺が前記出光部の法線となす角度を θ とした場合、

$$\sin(90^\circ - \theta) > N2 / N1$$

かつ

$$N1 < 1 / \sin 2\theta$$

なる関係を有することを特徴とする光拡散シート。

【請求項2】 複数の単位レンズを一次元または二次元方向に形成した光拡散シートであって、前記単位レンズはその断面形状が略台形であって、前記台形の下底を入光部、上底を出光部とするとともに、前記台形の斜辺をなす部分には、前記単位レンズの屈折率より低い屈折率を有する透明低屈折率層が形成されており、

前記台形の上底の長さを T 、高さを H 、前記台形斜辺が前記出光部の法線となす角度を θ 、とした場合、

$$0 < H < T / (\tan(2\theta + 10^\circ) - \tan \theta)$$

なる関係を有することを特徴とする光拡散シート。

【請求項3】 複数の単位レンズを一次元または二次元方向に形成した光拡散シートであって、前記単位レンズはその断面形状が略台形であって、前記台形の下底を入光部、上底を出光部とするとともに、所定の屈折率 $N1$ を有する材料にて形成されており、前記単位レンズの台形斜辺をなす部分には、 $N1$ より低い屈折率 $N2$ を有する透明低屈折率層が形成されており、

前記台形の上底の長さを T 、高さを H 、前記台形斜辺が前記出光部の法線となす角度を θ 、とした場合、

$$\sin(90^\circ - \theta) > N2 / N1$$

$$N1 < 1 / \sin 2\theta$$

かつ

$$0 < H < T / (\tan(2\theta + 10^\circ) - \tan \theta)$$

なる関係を有することを特徴とする光拡散シート。

【請求項4】 前記所定の屈折率 $N1$ および $N2$ 、並びに台形の上底の長さ T および高さ H が、

$$1 < N1 < 5.76$$

$$0.23 < N2 / N1 < 0.996$$

かつ

$$H < T / 0.57$$

なる関係を満たすことを特徴とする請求項3に記載された光拡散シート。

【請求項5】 隣接する前記台形斜辺の透明低屈折率層

に挟まれた断面形状略三角形の部分は前記単位レンズを構成する材料の屈折率と略同一の屈折率を備える物質が充填されていることを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載された光拡散シート。

【請求項6】 前記隣接する前記台形斜辺の透明低屈折率層のさらに前記出光面側には光吸収層が形成されていることを特徴とする請求項1～5のいずれかに記載された光拡散シート。

【請求項7】 前記透明低屈折率層の層厚は、 $0.1 \mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする請求項1～6のいずれかに記載された光拡散シート。

【請求項8】 前記単位レンズは板状または膜状の透明基材上に形成されていることを特徴とする請求項1～7のいずれかに記載された光拡散シート。

【請求項9】 前記隣り合う単位レンズの間は可視光を吸収する材料にて構成されていることを特徴とする請求項1～8のいずれかに記載された光拡散シート。

【請求項10】 観察者側には拡散剤を混入したシートが張り合わされていることを特徴とする請求項1～9のいずれかに記載された光拡散シート。

【請求項11】 前記拡散剤を混入したシートのさらに観察者側に反射防止層、ハードコート層、偏光フィルター層、帯電防止層、防眩処理層、防汚処理層、タッチセンサ層のうち少なくとも一つが設けられていることを特徴とする請求項10に記載された光拡散シート。

【請求項12】 請求項1～11のいずれかの光拡散シートの映像光源側にフレネルレンズが配置されたプロジェクションスクリーン。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光拡散シート、この光拡散シートを用いたプロジェクションスクリーンに関する。

【0002】

【従来の技術】プロジェクションディスプレイ装置等においては、観察者の視認性を高めるためスクリーンに光拡散シートを用いたものが知られている。この光拡散シートは、例えば、透光性フィルムの表面を凹凸処理したもの、樹脂フィルムの内部に光拡散性微粒子を含有させたもの、円柱状のレンズが一つの平面上に並列配置されたレンチキュラーレンズシート等がある。また、これらのシートを二、三枚組合わせて用いることも行なわれている。これらは、フィルム、大気、微粒子等の各屈折率の差を利用してこれらの境界において映像光を多方向に屈折させ、映像光を広範囲に拡散して観察者側に出射することで視認性の向上を図ろうとするものである。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、光拡散性微粒子や凹凸が形成されたシート表面によって、映像光が乱反射して多くの迷光を生じさせることになり、ディスブ

レイの表面輝度、コントラストの低下等を招いていた。また、表面の凹凸処理により拡散性を有するものは、その拡散性および透明性に角度依存性があるため、ディスプレイを見る角度によって視認性が変化するという問題があった。一方、光拡散シートの光拡散性は、外光の散乱反射を増加させることにもつながり、コントラストが著しく低下して映像がボケやすいという問題点もあった。そこで本発明は、迷光により表面輝度が低下したりコントラストが低下することがなく、角度依存性が少なく、外光の散乱反射の少ない光拡散シート、およびこの光拡散シートを用いたプロジェクションスクリーンを提供することを目的とする。

【0004】

【課題を解決するための手段】以下、本発明について説明する。なお、本発明の理解を容易にするために添付図面の参照符号を括弧書きにて付記するが、それにより本発明が図示の形態に限定されるものではない。

【0005】本発明の第一態様の光拡散シート（S1）は、複数の単位レンズ（2）を一次元または二次元方向に形成した光拡散シートであって、単位レンズはその断面形状が略台形であって台形の下底を入光部、上底を出光部とするとともに、所定の屈折率N1を有する材料にて形成されており、単位レンズの台形斜辺をなす部分にはN1より低い屈折率N2を有する透明低屈折率層（4）が形成されていて、台形斜辺が出光部の法線となす角度を θ とした場合、

$$\sin(90^\circ - \theta) > N2 / N1$$

かつ

$$N1 < 1 / \sin 2\theta$$

なる関係を有することを特徴とする。ここに単位レンズの断面形状は略台形なので、 θ は一定、すなわち斜辺は直線状であることを基本とするが、本発明は曲線状の斜辺や、浅い角度をなす複数の直線の組み合わせである場合をも含むものである。この場合に θ は、変化するが、斜辺をなす各部分における θ の90%以上が上記関係を満たせば下記の効果を奏することができるので、本発明の技術的思想に包含されると解されるべきものである（ θ に関して以下同じ。）。

【0006】この第一態様の光拡散シートによれば、出光面法線に平行な入射光は斜辺の透明低屈折率層表面にて全反射され、出光面においては反射を起こすことなく観察者側に出光される。したがって輝度とコントラストが高い光拡散シートを得ることができる。本発明のスクリーンは主に単光源プロジェクタ用であり、フレネルレンズを使用することで本シートへの入射角度を垂直にすることが可能である。なお、斜辺への入射角は、一般には、 $0^\circ \pm 10^\circ$ の範囲にあることが知られている。

【0007】本発明の第二態様の光拡散シートは、複数の単位レンズを一次元または二次元方向に形成した光拡散シートであって、単位レンズはその断面形状が略台形

であって台形の下底を入光部、上底を出光部とするともに台形の斜辺をなす部分には単位レンズの屈折率より低い屈折率を有する透明低屈折率層が形成されていて、台形の上底の長さをT、高さをH、台形斜辺が出光部の法線となす角度を θ とした場合、

$$0 < H < T / (\tan(2\theta + 10^\circ) - \tan \theta)$$

なる関係を有することを特徴とする。

【0008】この第二態様の光拡散シートによれば、出光面法線に対して最大 10° の傾きをもって入射し、単位レンズ断面が形成する台形斜辺の透明低屈折率層表面にて反射された光でも、隣接する単位レンズ断面が形成する台形斜辺の透明低屈折率層にいたることなくの出光面から観察者側に出光される。したがって輝度が高く迷光の少ない光拡散シートを得ることができる。

【0009】本発明の第三態様の光拡散シートは、複数の単位レンズを一次元または二次元方向に形成した光拡散シートであって、単位レンズはその断面形状が略台形であって台形の下底を入光部、上底を出光部とするともに所定の屈折率N1を有する材料にて形成されており、単位レンズの台形斜辺をなす部分にはN1より低い屈折率N2を有する透明低屈折率層が形成されていて、台形の上底の長さをT、高さをH、台形斜辺が出光部の法線となす角度を θ とした場合、

$$\sin(90^\circ - \theta) > N2 / N1$$

$$N1 < 1 / \sin 2\theta$$

かつ

$$0 < H < T / (\tan(2\theta + 10^\circ) - \tan \theta)$$

なる関係を有することを特徴とする。

【0010】この第三態様の光拡散シートは、第一態様の光拡散シートの長所と、第二態様の光拡散シートの長所とを兼ね備えている。この第三態様の光拡散シートによれば、出光面法線に平行な入射光は、斜辺の透明低屈折率層表面にて全反射され、出光面においては反射を起こすことなく観察者側に出光される。また、出光面法線に対して最大 10° の傾きをもって入射し、単位レンズ断面が形成する台形斜辺の透明低屈折率層表面にて反射された光は、隣接する単位レンズ断面が形成する台形斜辺の透明低屈折率層にいたることなくの出光面から観察者側に出光される。したがって輝度とコントラストが高く、迷光の少ない光拡散シートを得ることができる。

【0011】上記第三態様の光拡散シートにおいて、所定の屈折率N1およびN2、並びに台形の上底の長さTおよび高さHが、

$$1 < N1 < 5.76$$

$$0.23 < N2 / N1 < 0.996$$

かつ

$$H < T / 0.57$$

なる関係を満たすように構成してもよい。

【0012】このように構成した場合には、第三態様の光拡散シートで、 θ が $5^\circ \sim 15^\circ$ の範囲において、出光

面法線に平行な入射光を斜辺にて全反射し、出光面においては反射を起こすことなく観察者側に出光することができる。また、シート内において一度斜辺にて反射された光は、再び他の斜辺に到達することなく出光面から出光される。ここに θ の範囲を $5 \sim 15^\circ$ としたのは、このような単位レンズのテーパ角を $5 \sim 15^\circ$ とすることで、好適な視野角特性を得ることができるからである。

【0013】また上記諸態様の光拡散シートにおいて、隣接する台形斜辺の透明低屈折率層に挟まれた断面形状略三角形の部分は単位レンズを構成する材料の屈折率と略同一の屈折率を備える物質が充填されていることとしてもよい。また、この物質は着色されていてもよい。

【0014】このようにすれば、観察者側への反射光を減らすことができる。

【0015】また上記諸態様の光拡散シートにおいて、隣接する台形斜辺の透明低屈折率層のさらに出光面側に光吸収層を形成してもよい。

【0016】このようにした場合には、出光面法線に対して 10° 以上の傾きをもって入射した光の一部は透明低屈折率層表面にて全反射されず、透明低屈折率層内部に入射するが、光吸収層により吸収される。また観察者側から出光面以外の部分に入射された光も光吸収層により吸収される。したがって迷光や反射光の少ない、鮮明な画面が得られる光拡散シートを提供することができる。

【0017】また上記諸態様の光拡散シートにおいて、透明低屈折率層の層厚を $0.1 \mu\text{m}$ 以上であることとしてもよい。さらにこの透明低屈折率層の層厚の上限は $10 \mu\text{m}$ とすることが好ましい。透明低屈折率層の層厚を $0.1 \mu\text{m}$ 以下とした場合、斜面で光がほとんど反射されず、透過率が大幅に低下する。一方層厚を $10 \mu\text{m}$ 以上にするとその部分を通る外光が増えて、コントラストの劣化が起きると考えられるからである。また製造上でも $10 \mu\text{m}$ 以上の層厚を形成するには多大な時間を要する。さらに代表的な低屈折率物質であるシリカ等においてはそのような層厚とすると脆さの欠点が顕著なものとなってくるからである。またさらに、単位レンズのピッチが小さい場合には、 $10 \mu\text{m}$ 以下であつて、かつ、溝部分の幅の $1/5$ の厚とすることが好ましい。

【0018】このようにすれば、透明低屈折率層による全反射を確実なものとしてすることができる。

【0019】また、単位レンズを板状または膜状の透明基材(3)上に形成するようにしてもよい。

【0020】このようにした場合には、ロール状の型を使用して、配列された単位レンズを連続的に生産することができる。

【0021】さらに隣り合う単位レンズの間は可視光を吸収する材料にて構成してもよい。

【0022】このように構成した場合には、迷光を吸収

してコントラストの高い光拡散シートを実現することができる。

【0023】また、上記において、観察者側に拡散剤を混入したシート(1)を張り合わせてもよい。

【0024】このようにした場合には、観察者側の面を平面とすることができるので、表面への加工が容易なものとなる。また、拡散剤の光学的作用により、出光側のゲインを均一にすることができる。この拡散剤を混入したシートを張り合わせるための接着層または粘着層の屈折率は単位レンズの屈折率と同程度でよい。光学的に大きな影響は出ないと考えられるからである。

【0025】上記のように構成した場合には、拡散剤を混入したシートのさらに観察者側に、反射防止層、ハードコート層、偏光フィルター層、帯電防止層、防眩処理層、防汚処理層、タッチセンサ層のうち少なくとも一つを設けるように構成してもよい。本発明においてはこれらの機能のうち一つだけを持たせてもよく、また複数の機能を併せ持たせてもよい。

【0026】このように構成した場合には、光拡散シートに多様な機能を持たせることができる。

【0027】またさらに本発明では、上記したいずれかの光拡散シートの映像光源側にフレネルレンズを配置したプロジェクションスクリーンを提供して前記した課題を解決する。

【0028】この発明によれば、上記光拡散性シートの特徴特性をプロジェクションスクリーンにおいて実現することができる。

【0029】本発明のこのような作用及び利得は、次に説明する実施の形態から明らかにされる。

【0030】

【発明の実施の形態】以下本発明を図面に示す実施形態に基づき説明する。図1および図2は、本発明の第一および第二実施形態の光拡散シートS1およびS2の水平断面を示す図である。これらの図においては、図面右側に映像光源が配置され、図面の左側に観察者が位置している。

【0031】図1は、本発明の第一実施形態の光拡散シートS1を示している。この光拡散シートS1は、観察者側から映像光源方向に順に、拡散剤入りシート1、単位レンズ2、ベースシート3が張り合わされて配置されている。単位レンズ2は高屈折率N1を有する物質により形成されている。さらに、隣接する単位レンズ2、2の斜辺には、N1より小さな屈折率N2を備え透明な物質により形成された層4(以下「透明低屈折率層4」という。)が形成されている。また隣接する単位レンズ2の間に挟まれた断面形状三角形の部分は、単位レンズ2の屈折率N1と略同一の屈折率を有する物質で埋められている。以後の説明においてはこの断面形状三角形の部分を「レンズ間部分5」という。また必要に応じて単位レンズ2を「高屈折率部2」ということもある。

【0032】高屈折率部2の屈折率 $N1$ と、透明低屈折率層4の屈折率 $N2$ との比は、光拡散シート $S1$ の光学特性を得るために所定の範囲に設定されている。また、透明低屈折率層4と高屈折率部2とが接する斜辺が、出光面の法線（当該光拡散シート $S1$ に対する垂直入射光に平行である。）となす角度は所定の角度 θ に形成されている。これらについては後に詳述する。

【0033】高屈折率部2は通常電離放射線硬化性を有するエポキシアクリレートなどの材料にて構成されている。透明低屈折率層4は、シリカ等透明樹脂の屈折率より低い屈折率を有する材料にて形成されている。またレンズ間部分5は、カーボン、顔料または所定の染料等にて所定濃度に着色されている。また、拡散剤入りシート1、およびベースシート3は、高屈折率部2と略同一の屈折率を有する材料にて構成されている。拡散剤入りシート1の観察者側には、反射防止層、ハードコート層、偏光フィルター層、帯電防止層、防眩処理層、防汚処理層、タッチセンサ層などの機能層が適宜設けられている。

【0034】次に光拡散シート $S1$ の単位レンズ2内に入射した光の光路について、図1を参照しつつ簡単に説明する。なお、図1において、光 $L1 \sim L4$ の光路は模式的に示されたものである。いま、図1において、映像光源側から単位レンズ2の中央部付近に入射した垂直光 $L1$ は、そのまま光拡散シート $S1$ の内部を直進して通過し、観察者に至る。映像光源側から単位レンズ2の端部付近に入射した垂直光 $L2$ は、高屈折率部2と透明低屈折率層4との屈折率差により斜辺にて全反射され、所定の角度をもって観察者側に出光される。映像光源側から単位レンズ2の端部付近に角度をもって入射した光 $L3$ は、斜辺にて全反射され、入射時とは反対方向にさらに大きな角度をもって観察者側に出光される。斜辺に所定以上の大きな角度をもって入射する迷光 $L4a$ は、高屈折率部2と低屈折率部4との屈折率差によっても反射されることなく透明低屈折率層4の内部に入光する。レンズ間部分5は着色されているので、迷光 $L4a$ はレンズ間部分5にて吸収され、観察者側に至ることはない。また、観察者側からレンズ間部分5に入射した迷光 $L4b$ 、 $L4c$ は、一部はレンズ間部分5にて吸収され、その余は透明低屈折率層4に反射され、あるいは透過されて映像光源側に抜けてゆくので、観察者側に反射光となつて、出光されることがない。このようにして水平方向に広い視野角をもち、コントラスト、輝度の高い光拡散シート $S1$ を得ることができる。

【0035】図2は、本発明の第二実施形態の光拡散シート $S2$ を示している。この光拡散シート $S2$ も、観察者側から映像光源方向に順に、拡散剤入りシート1、単位レンズ2、ベースシート3が張り合わされて配置されている。単位レンズ2は高屈折率 $N1$ を有する物質により形成されている。さらに、隣接する単位レンズ2、

2、の斜辺には、 $N1$ より小さな屈折率 $N2$ を備え透明な物質により形成された透明低屈折率層4が形成されている。透明低屈折率層4のさらに外側にはカーボン等の光吸収性材料により光吸収層6が形成されている。

【0036】隣接する単位レンズ2の間に挟まれた断面形状三角形の部分は、単位レンズ2の屈折率 $N1$ と略同一の屈折率を有する物質で埋められ、レンズ間部分7を形成している。

【0037】本実施形態においても、高屈折率部2の屈折率 $N1$ と、透明低屈折率層4の屈折率 $N2$ との比は、光拡散シート $S1$ の光学特性を得るために所定の範囲に設定されている。また、透明低屈折率層4と高屈折率部2とが接する斜辺が、出光面の法線（当該光拡散シート $S1$ に対する垂直入射光に平行である。）となす角度は所定の角度 θ に形成されている。

【0038】高屈折率部2は通常、電離放射線硬化性を有するエポキシアクリレートなどの材料にて構成されている。また、透明低屈折率層4は、シリカ等透明樹脂の屈折率より低い屈折率を有する材料にて形成されている。またレンズ間部分5には、所定の樹脂材料が充填されている。また、拡散剤入りシート1、およびベースシート3は、高屈折率部2と略同一の屈折率を有する材料にて構成されている。拡散剤入りシート1の観察者側には、反射防止層、ハードコート層、偏光フィルター層、帯電防止層、防眩処理層、防汚処理層、タッチセンサ層などの機能層が適宜設けられている。

【0039】次に光拡散シート $S2$ の単位レンズ2内に入射した光の光路について、図2を参照しつつ簡単に説明する。なお、図2においても、光 $L1 \sim L4$ の光路は模式的に示されたものである。いま、図2において、映像光源側から単位レンズ2の中央部付近に入射した垂直光 $L1$ は、そのまま光拡散シート $S2$ の内部を直進して通過し、観察者に至る。映像光源側から単位レンズ2の端部付近に入射した垂直光 $L2$ は、高屈折率部2と透明低屈折率層4との屈折率差により斜辺にて全反射され、所定の角度をもって観察者側に出光される。映像光源側から単位レンズ2の端部付近に角度をもって入射した光 $L3$ は、斜辺にて全反射され、入射時とは反対方向にさらに大きな角度をもって観察者側に出光される。斜辺に所定以上の大きな角度をもって入射する迷光 $L4a$ は、高屈折率部2と低屈折率部4との屈折率差によっても反射されることなく透明低屈折率層4の内部に入光して、光吸収層6にて吸収され、観察者側に至ることはない。また、観察者側からレンズ間部分5に入射した迷光 $L4b$ は、レンズ間部分5を通過して光吸収層6にて吸収されるので、観察者側に反射光となつて、出光されることがない。このようにして水平方向に広い視野角をもち、コントラスト、輝度の高い光拡散シート $S2$ を得ることができる。

【0040】次に、図3および図4を参照しつつ光拡散

シートの単位レンズ部に入射した光拡散シート内の光が斜辺にて全反射され、かつ出光面においては、全反射されずに観察者側に透過する条件について説明する。

【0041】図3は、光拡散シート内において、第一実施形態の光拡散シートS1の斜辺に垂直光L5が入射した場合の光路を示す図である。図3においては映像光源は図面上方に、観察者は図面下方に位置するものとする。また拡散剤入りシート1、およびベースシート3は説明の簡略化のため省略している（以下図4および5において同じ。）。

【0042】図3において、斜辺に入射した垂直光L5が、斜辺のA点において全反射され始める条件（臨界条件）は、スネルの法則により、

$$\sin(90^\circ - \theta) = N2 / N1$$

であるから、垂直光L5が常に全反射されるためには、

$$(式1) \quad \sin(90^\circ - \theta) > N2 / N1$$

なる条件を満たす必要がある。

【0043】また、斜辺のA点にて反射された光L5が、出光面のB点において全反射され始める条件（臨界条件）は、大気屈折率を1とした場合、スネルの法則により、 $\sin 2\theta = 1 / N1$ であるから、光L5がB点から観察者側に確実に光出されるためには、

$$(式2) \quad \sin 2\theta < 1 / N1$$

なる条件を満たす必要がある。

【0044】なお参考のために図4を参照しつつ、光拡散シートS1の斜辺に10°の傾きを持った光拡散シート内の光L6が入射した場合の光路について以下に簡単に説明する。

【0045】図4において、斜辺に入射した10°の傾きを持った光L6が、斜辺のA点において全反射され始める条件（臨界条件）は、スネルの法則により、

$$(式5) \quad H < T / (\tan(2\theta + 10^\circ) - \tan \theta)$$

で表される。

【0049】次にθが5°～15°であるとして、その範囲においてさらに具体的にN1とN2の値を考察する。5° < θ < 15°の範囲においては、

$$\sin(90^\circ - \theta) < 0.996$$

であり、式1により、N2/N1の値はこれより小さいから

$$(式6) \quad N2 / N1 < 0.996$$

一方、5° < θ < 15°の範囲では、

$$1 / \sin 2\theta < 5.76$$

であるから、式2より、

$$(式7) \quad N1 < 5.76$$

さらに、入手しうる現実の材料を考慮した場合、N2の最小値は1.30なので、

$$N2 / N1 > 1.30 / 5.76 = 0.23$$

したがって上式と式6から

$$(式8) \quad 0.23 < N2 / N1 < 0.996$$

上記式7および式8が5° < θ < 15°の範囲での、N

$$\sin(80^\circ - \theta) = N2 / N1$$

であるから、10°の傾きを持った光L6が常に全反射されるためには、

$$(式3) \quad \sin(80^\circ - \theta) > N2 / N1$$

なる条件を満たす必要がある。

【0046】また、斜辺のA点にて反射された光L6が、出光面のB点において全反射され始める条件（臨界条件）は、大気屈折率を1とした場合、スネルの法則により、 $\sin(2\theta + 10^\circ) = 1 / N1$ であるから、光L6がB点から観察者側に確実に光出されるためには、

$$\sin(2\theta + 10^\circ) < 1 / N1$$

すなわち

$$(式4) \quad N1 < 1 / \sin(2\theta + 10^\circ)$$

なる条件を満たす必要がある。

【0047】次に、図5を参照しつつ光拡散シートS1の斜辺にて反射された光が、隣接する斜辺に到達しない条件について説明する。この条件を見出すためには、出光面法線に対して最も大きな角度（現実的には10°）を持つ入射光L7が、低屈折率部4がなす三角形の頂点付近の斜辺上の点Cにて全反射された場合に、その反射光が隣接する斜辺に到達しないように、三角形の高さHと単位レンズの上底の長さTとの関係を定めればよい。

【0048】図5において、三角形の底辺の長さを2Sとすれば、

$$\tan \theta = S / H$$

$$\tan(2\theta + 10^\circ) = (S + T) / H$$

したがって、

$$H = T / (\tan(2\theta + 10^\circ) - \tan \theta)$$

Hが上記値より小であれば、反射光が隣接する斜辺に到達しない。したがってその条件は、

1およびN2の値がとりうる条件である。

【0050】また、式5においては、θ=15°の時にHに対する条件が決定され、

$$H < T / 0.57$$

となる。

【0051】図6は、低屈折率部4の形状の諸態様を示す図である。この低屈折率部4は、隣接する二つの単位レンズ2、2の斜辺により形成される略三角形の形状を基礎としている。図6(a)は、斜辺が直線にて形成されている場合を表している。この場合には、斜辺と出光面法線とがなす角度θ1は斜辺上のどの点においても一定である。図6(b)は、斜辺が滑らかな曲線で形成されている場合を表している。また図6(c)は、斜辺が2本の直線にて構成されている場合を示している。これらの場合、斜辺と出光面法線とがなす角度θ2、またはθ3若しくはθ4は、斜辺上の位置により異なる。本発明において図6(b)や図6(c)の場合のように斜辺と出光面法線のなす角度が一定でないときは、斜辺の長

さの90%以上において、以上に説明してきた式1～8の各条件を満たせば本発明の効果をを得ることができる。

【0052】図7および図8は、第一実施形態の光拡散シートS1構成の一例を示す図である。図7に示される光拡散シートは水平断面形状が垂直方向に一定な単位レンズ2を備えている。隣接する単位レンズ2、2の間には、透明低屈折率層4を介して、レンズ間部分5に樹脂材料が充填されている。出光面側には拡散剤入りシート1が、入光面側にはベースシート3が配置されている。図面では理解のためにこれら三者が離れて表されているが、実際にはこれらは貼り合わされている。

【0053】一方、図8に示されている光拡散シートにおいては、半載円錐状の単位レンズが垂直平面上に二次元状に配列されている。各単位レンズの半載円錐の頂部平面は同一面上に形成されており、この平面に拡散剤入りシート1が貼り合わされている。隣接する単位レンズ2、2との間の空隙は透明低屈折率層4を介してレンズ間部分5に樹脂材料が充填されている。図7および図8のいずれに示されている光拡散シートの構成によっても本発明による効果を得ることができる。

【0054】次に図9および図10を参照しつつ本実施形態の光拡散シートの製造方法について説明する。図9は第一実施形態の光拡散シートS1、図10は第二実施形態の光拡散シートS2の製造方法をそれぞれ示すものである。

【0055】この製造方法に使用される製造装置は、型ロール10と、ミラーロール20と、ベースフィルム供給ロール16と、補助ロール群19、22、24と、電離放射線硬化型樹脂を供給するフィーダー12、15、21と、電離放射線照射機14、18、23とを備えている。さらに第一実施形態にかかる製造装置は透明低屈折率物質の蒸着装置25を、第二実施形態にかかる製造装置は透明低屈折率物質の蒸着装置25および光吸収層としてのカーボン蒸着装置26を備えている。

【0056】図9の第一実施形態にかかる光拡散シートS1の製造装置において、所定の速度で回転する型ロール10の表面にはレンズ間部分5を構成する断面形状三角形の部分に対応する雌型が彫られている。所定温度に加温された高屈折率（レンズ部と同程度の屈折率）樹脂を樹脂フィーダー12から型ロール10上に供給され、三角形の凹部に充填される。余剰の樹脂をドクターブレード13にて掻き落とした後、電離放射線照射機14にて電離放射線をロール表面に照射して、高屈折率樹脂を硬化させる。次いでフィーダー15から透明樹脂をロール幅のほぼ全長にわたって供給し型ロール10の表面に透明樹脂層を形成する。さらにその上面にベースフィルム17を、供給ロール16から巻き出して形成したのち、再び電離放射線照射機18にて電離放射線を照射して、透明樹脂を硬化させる。そして補助ロール19により折り返してミラーロール20へと供給する。この折り

返し工程により、型ロール10の表面凹部に形成されていた断面形状三角形の高屈折率部は、ロール表面から剥離される。この時点では、E点拡大図で示されるように、ベースフィルム上に透明樹脂層が形成され、さらに透明樹脂層の上面に高屈折率樹脂が断面三角形に形成されている。

【0057】その後、第一実施形態の光拡散シートS1の製造装置では、高屈折率樹脂の上面に蒸着装置25を配置して、蒸着装置25から透明低屈折率物質を高屈折率物質の稜部に蒸着して、透明低屈折率層を形成する（F点拡大図参照）。一方第二実施形態の光拡散シートS2の製造装置では、上記蒸着装置25の前にもう一つの蒸着装置26が配置されている（図10参照）。蒸着装置26では、カーボンの蒸着が行われる。したがって、高屈折率樹脂層の上にはカーボン層が形成され、さらにその上に透明低屈折率層が形成されている（図10のF点拡大図参照）。

【0058】ミラーロール20側では、あらかじめロール表面に単位レンズを構成する高屈折率樹脂がフィーダー21から供給されて、硬化前のやわらかい状態で高屈折率樹脂層が形成されている。この高屈折率樹脂層と型ロール10から供給されてきた中間製品とがミラーロール20と補助ロール22とにより圧着される。柔らかな高屈折率樹脂は圧着されることにより透明低屈折率層が形成する断面形状台形の谷間に隙間なく入り込む。さらにミラーロール20の表面に電離放射線照射機23にて電離放射線を照射して、高屈折率樹脂を硬化させる。そして補助ロール24により反対方向に折り返して、硬化した高屈折率樹脂をミラーロール20から剥離する。この時点では、G点拡大図に示されるように、断面形状三角形の透明低屈折率層の上面に断面形状が台形の高屈折率樹脂層にて形成された単位レンズ群が形成されている。その後このシートは巻き取り機へと送られロール状に巻き取られる。

【0059】なお、上記工程は、型ロール10にて断面形状三角形のレンズ間部分5を形成するものであるが、型ロール10により断面形状台形の高屈折率部2を先に形成して、ミラーロール20側のフィーダー21からレンズ間部分5を形成する高屈折率樹脂を供給するように構成してもよい。

【0060】

【実施例】単位レンズを構成する高屈折率部2（台形部分）の材料としてエポキシアクリレート、レンズ間部分5の材料としてウレタンアクリレートを使用した。レンズ間部分5は、カーボン顔料にて透過率1%となる濃度着色した。高屈折率部2の屈折率は1.57、レンズ間部分5の屈折率は1.48であった。また透明低屈折率層を屈折率1.45のシリカを蒸着することにより形成した。蒸着膜の厚さは約1μmであった。このように構成したシートの入光側にフレネルレンズシートを、観

察者側には拡散板を配置した。拡散板は、アクリル製三層構造で、中間層に拡散剤を混入したものを使用した。高屈折率部のレンズピッチは $50\text{ }\mu\text{m}$ とした。また、高屈折率部2の台形部分の上底長さと、低屈折率部の三角形底辺の長さを等しくなるようにし、いわゆるブラックストライプ率が50%となるようにした。さらに頂角 θ を 10° に設定した。

【0061】このように構成した光拡散シートは、透過率が80%、反射率が5%、ゲインが4であった。また、垂直視野角(半値角:ある方向から観視したときの輝度が正面から観視したときの半分になる角度)は 12° 、水平視野角(半値角)は 25° であった。

【0062】以上、現時点において、もつとも、実践的であり、かつ、好ましいと思われる実施形態に関連して本発明を説明したが、本発明は、本願明細書中に開示された実施形態に限定されるものではなく、請求の範囲および明細書全体から読み取れる発明の要旨或いは思想に反しない範囲で適宜変更可能であり、そのような変更を伴う光拡散シートおよびプロジェクションスクリーンもまた本発明の技術的範囲に包含されるものとして理解されなければならない。

【0063】

【発明の効果】以上に説明したように、複数の単位レンズを一次元または二次元方向に形成した光拡散シートであって、単位レンズはその断面形状が略台形であって台形の下底を入光部、上底を出光部とするとともに所定の屈折率 $N1$ を有する材料にて形成されており、単位レンズの台形斜辺をなす部分には $N1$ より低い屈折率 $N2$ を有する透明低屈折率層が形成されていて、台形の上底の長さを T 、高さを H 、台形斜辺が出光部の法線となす角度を θ とした場合、

$$\sin(90^\circ - \theta) > N2 / N1$$

$$N1 < 1 / \sin 2\theta$$

$$0 < H < T / (\tan(2\theta + 10^\circ) - \tan \theta)$$

なる関係を有することを特徴とする光拡散シートによれば、出光面法線に平行な入射光は、斜辺の透明低屈折率層表面にて全反射され、出光面においては反射を起こすことなく観察者側に出光される。また、出光面法線に対して最大 10° の傾きをもって入射し、単位レンズ断面が形成する台形斜辺の透明低屈折率層表面にて反射された光は、隣接する単位レンズ断面が形成する台形斜辺の透明低屈折率層にいたることなくの出光面から観察者側

に出光される。したがって輝度とコントラストが高く、迷光の少ない光拡散シートを得ることができる。

【0064】また、単位レンズを板状または膜状の透明基材上に形成した場合には、ロール状の型を使用して、配列された単位レンズを連続的に生産することができる。

【0065】さらに隣り合う単位レンズの間は可視光を吸収する材料にて構成した場合には、迷光を吸収してコントラストの高い光拡散シートを実現することができる。

【0066】また、観察者側に拡散剤を混入したシートを張り合わせた場合には、観察者側の面を平面とすることができるので、表面への加工が容易になる。また、拡散剤の光学的作用により、出光側のゲインを均一にすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第一実施形態の光拡散シートの断面を示す図である。

【図2】第二実施形態の光拡散シートの断面を示す図である。

【図3】光拡散シートに垂直光が入射した場合の光路を示す図である。

【図4】光拡散性シートに 10° の傾きを持った光が入射した場合の光路を示す図である。

【図5】光拡散性シートに 10° の傾きを持った光が低屈折率部がなす三角形の頂点付近に入射した場合の光路を示す図である。

【図6】低屈折率部の形状の諸態様を示す図である。

【図7】光拡散シートの構成の一例を示す図である。

【図8】光拡散シートの構成の他の一例を示す図である。

【図9】第一実施形態の光拡散シートの製造方法の一例を示す図である。

【図10】第二実施形態の光拡散シートの製造方法の一例を示す図である。

【符号の説明】

S1 光拡散シート

S2 光拡散シート

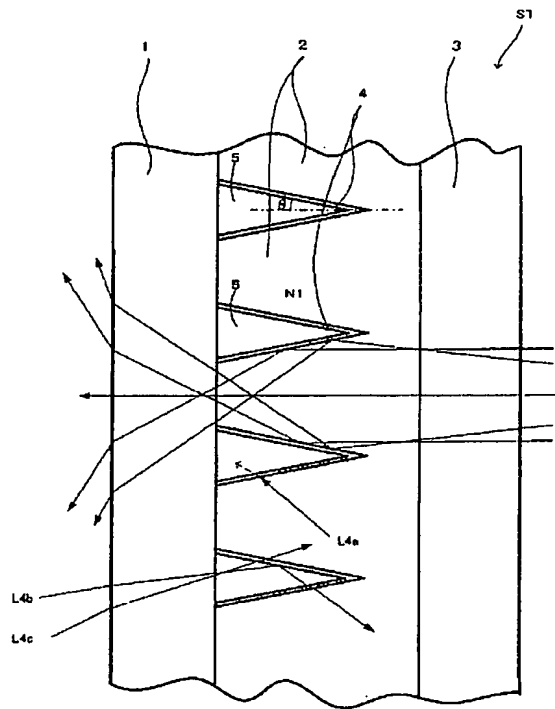
1 拡散剤入りシート

3 ベースシート(透明基材)

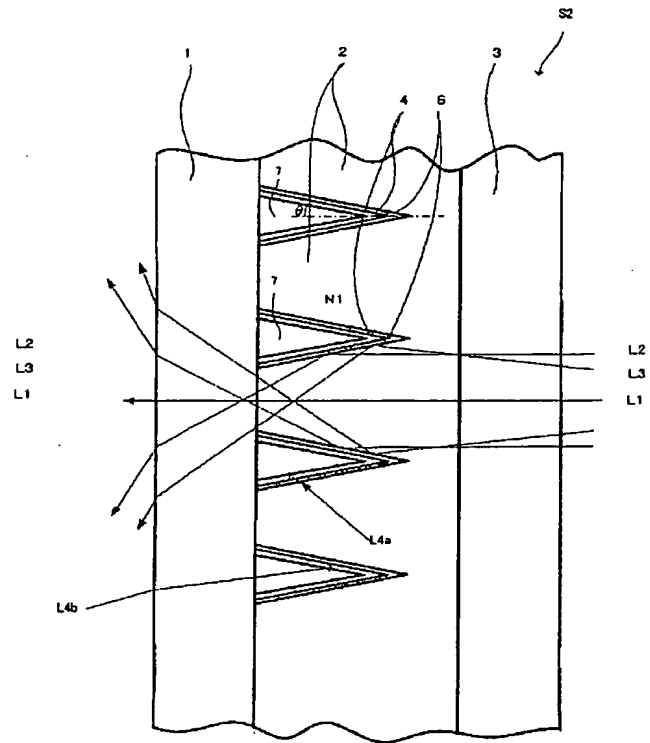
4 透明低屈折率層

6 カーボン層(光吸収層)

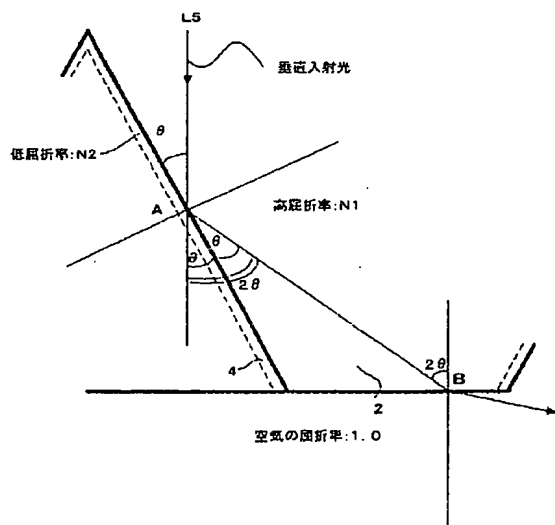
【図1】



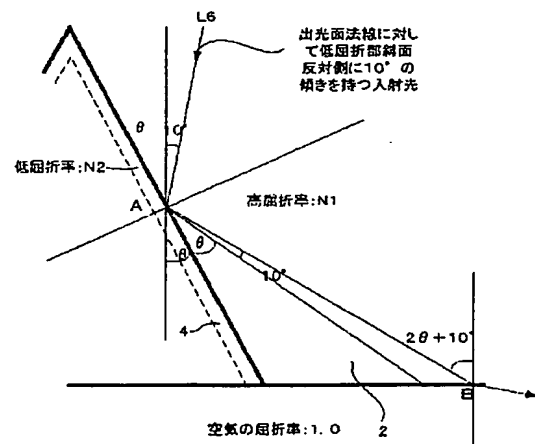
【図2】



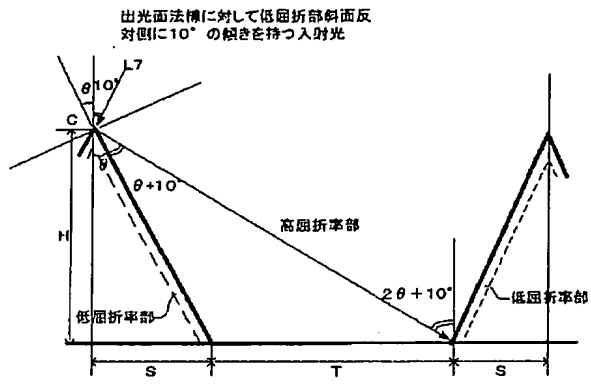
【図3】



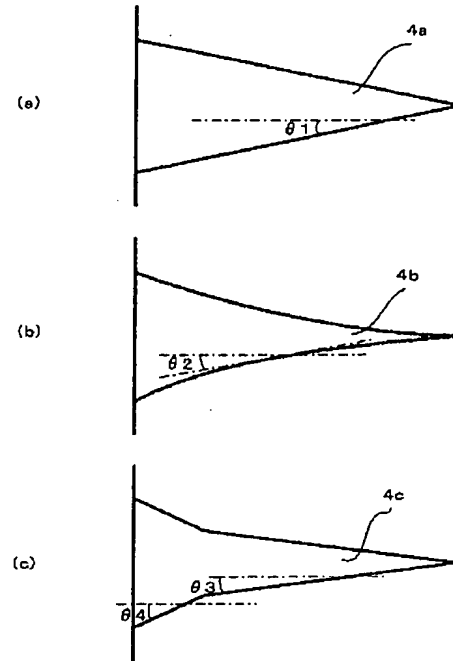
【図4】



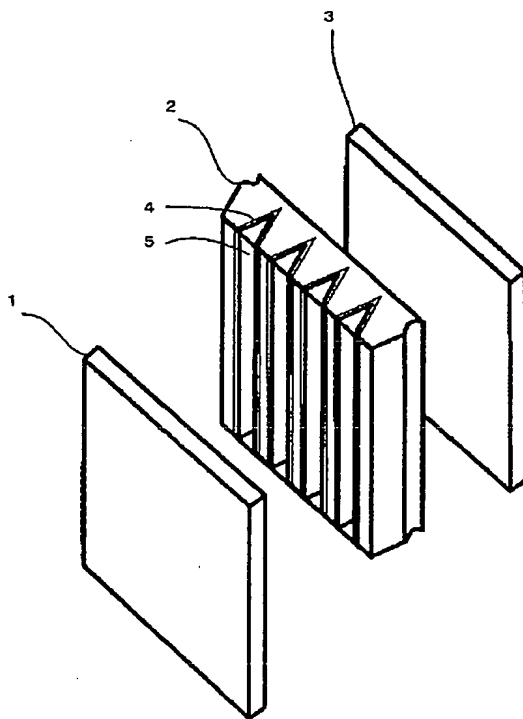
【図5】



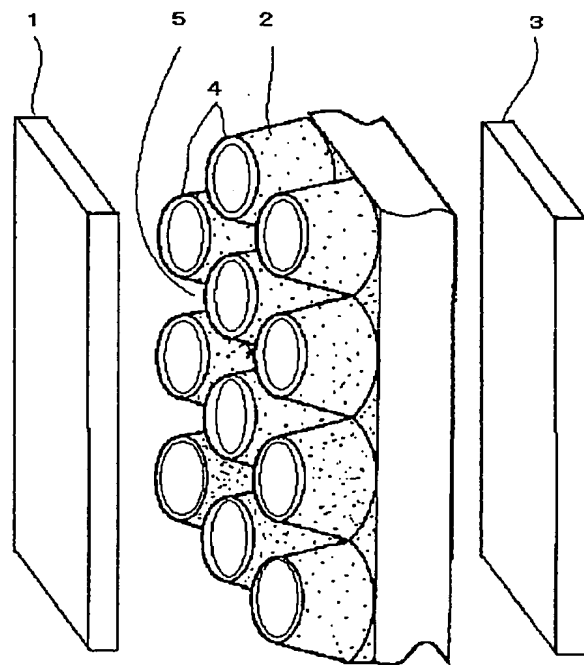
【図6】



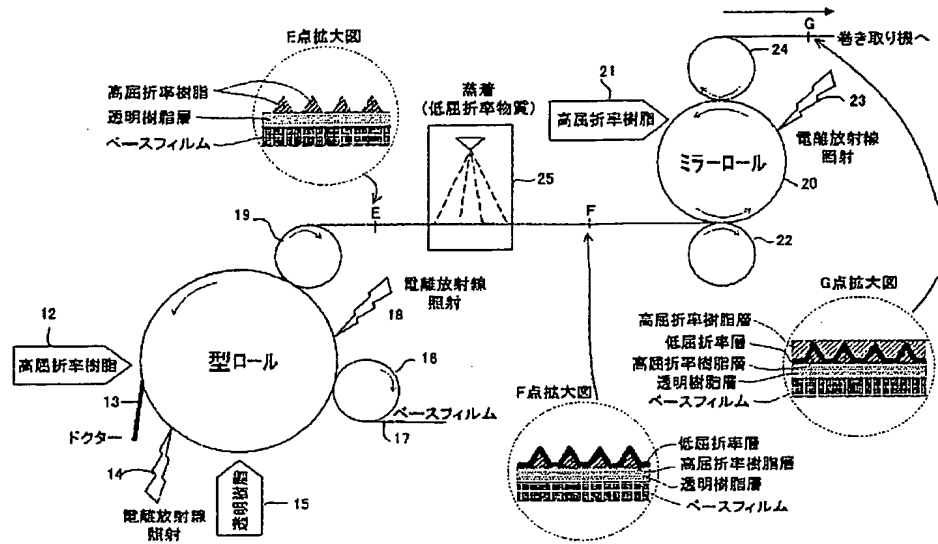
【図7】



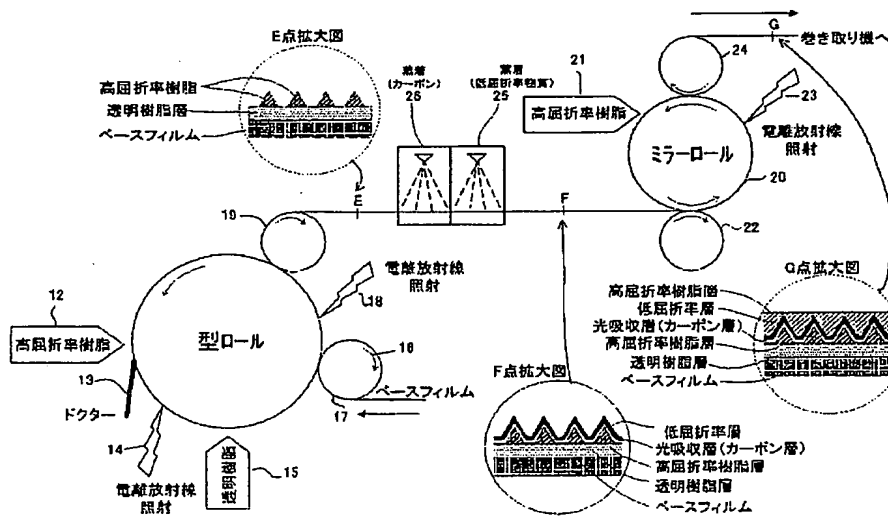
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 駒田 実

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号
大日本印刷株式会社内

Fターム(参考) 2H021 BA21 BA27

2H042 BA02 BA04 BA12 BA15 BA19